

液晶テレビWooo UTシリーズを実現する基盤技術

Advanced Technology for Ultra-thin TV

椎木 正敏 Masatoshi Shiiki

檜山 郁夫 Ikuo Hiyama

津村 誠 Makoto Tsumura

叶田 玲彦 Akihiko Kanouda

大橋 繁男 Shigeo Ohashi

紺野 哲豊 Akitoyo Konno



注:略語説明 UT(Ultra-thin:超薄), IPS(In-plane-switching:横電界液晶表示方式)

図1 「Wooo UTシリーズ」を支える先進技術

2007年12月に35 mm(最薄部)という世界最薄(当時)で登場した液晶テレビ「Wooo UTシリーズ」を支える日立固有の先進技術の代表例を示す。

薄型テレビ需要を継続的に拡大させていくためには、新しい価値の提案が求められている。そこで、日立グループは、2007年12月に薄さ35 mm(最薄部)の世界最薄液晶テレビ(当時)を製品化した。この「超薄型」液晶テレビは、「レイアウト自由型」による新たな使用形態、新たな市場を創造することをめざしている。

「超薄型」液晶テレビは、多くの日立固有の先進技術を適用することで、「薄さ」だけでなく、「高画質」、「軽量化」を同時に実現し、「デザインコンセプト」360°Beautyを損なわない背面フルフラットをも実現している。さらに省電力化やコンパクトデザインによるパッケージおよび輸送負荷を軽減することで、地球環境に配慮した製品となっている。

1..はじめに

日立グループは、2007年12月に薄さ35 mm(最薄部)の世界最薄液晶テレビ(当時)「Wooo UTシリーズ」を製品化した。Wooo UTシリーズは、日立固有の先進技術の適用により、「高画質」、「軽量化」はもちろん、どこから見ても美しさを損なわない背面フルフラットを実現した液晶テレビである(図1参照)。さらに、省電力化やコンパクトデザインによるパッケージおよび輸送負荷を軽減することで、地球環境に配慮した製品と言える。

「超薄型」液晶テレビの開発は、液晶テレビの普及とともに価格下落が激しく、新しい顧客価値の必要性を強く感じたことに契機がある。われわれは、新しい顧客訴求ポイントとして、画質、低電力、軽量、薄型、壁掛け、デザインなどを考える中で、真の「壁掛けテレビ」の実現をめざした開発に着手した。

ここでは、この「超薄型」液晶テレビを実現するうえでの課題、およびその課題解決に採用した日立グループの先進技術について述べる。

2. Wooo UTシリーズの開発コンセプト

Wooo UTシリーズのデザインコンセプトは、「360°Beauty」と「レイアウト自由型」である。横から見た薄さ、背面に通気口がなくフラットなベゼル(ディスプレイの外枠)が360度どこから見ても美しいデザインと、壁掛けなどに対応するレイアウトの自由さを具現化する。

液晶テレビの薄型化では、バックライトと電源の薄型化が最大の技術課題であり、トータル設計で回路周辺部の温度上昇を抑制する必要がある。

従来の液晶テレビを横から見た断面図と最薄部35 mmを実現するための各部材への厚み割り当ての試算値を図2に示す。従来の液晶テレビは100 mmほどの厚さである。35 mm化に向けては、背面の空間を $\frac{1}{5}$ に、それに伴い電源を $\frac{1}{3}$ に、またバックライトを $\frac{1}{2}$ の厚さにそれぞれする必要がある。背面空間は、回路搭載スペースであるとともに、回路や蛍光管が発した熱を逃がす空間でもあり、狭くなると放熱性が低下し、各部材の温度上昇を引き起こすことになる。

Wooo UTシリーズは、背面フラットデザインを採用しており、従来のような背面全域に通気口を設けない構造であるため、なおさら放熱性が低下する。また、部材どうしの近接化による相互温度上昇という課題もある。例えば、「真の壁掛け」を実現するためには、背面ベゼルを安全規格温度以下に抑えなければならない。そのため、温度上昇を抑制する部材(液晶パネル、バックライト、電源など)と冷却、放熱方式の開発がきわめて重要であり、超薄型化を実現する基盤技術となる。

そこで発熱低減の観点から液晶パネルは、IPS(In-plane-switching)パネルを採用した¹⁾²⁾。液晶パネルの透過率は、システム全体の発熱量に強く影響を与えるため、きわめて重要な特性である。IPS方式(図3参照)はこれまで開口率の改善が着実に進められており、他方式であるVA(Vertical Alignment)方式に比べて透過率が高いといった特長を持つ。IPS方式とVA方式のそれぞれを37V型フルスペックハイビジョンのテレビセットに組み込んだときの各部材での発熱量の見積り結

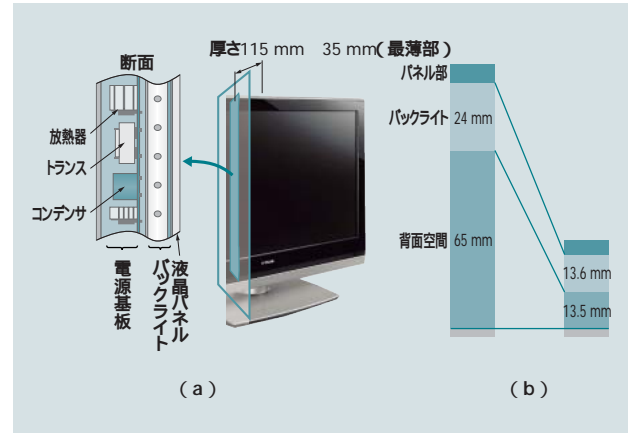


図2 液晶テレビセットの断面構造(a)および超薄型化のための厚み低減目標(b)

厚さを35 mm(最薄部)にするには、背面の空間を $\frac{1}{5}$ 、電源を $\frac{1}{3}$ 、バックライトを $\frac{1}{2}$ にする必要がある。

表1 「超薄型」液晶テレビ(37V型)における発熱量の見積り
IPS方式はVA方式に比べて発熱量が少ないという利点がある。

部材	発熱比(他方式/IPS)
電源	1.27
インバータ	1.37
ランプ/本	1.38
LCDパネル	1.38

注:略語説明 VA(Vertical Alignment), LCD(Liquid Crystal Display)

果を表1に示す。IPS方式は、VA方式に比べ、発熱量が3割程度少なく、放熱設計が容易となり、薄型化に有利であることがわかる。

その結果を踏まえ、新型バックライト、超薄型電源、狭スペース冷却技術の開発を進めた。次にこれら基盤技術について解説する。

3. 超薄型を実現する新型バックライト

薄型バックライト開発について以下に述べる。

バックライトの開発課題は、短い光学距離で従来と同等以上の明るさと表示映像の輝度、色度の均一化を図ることで

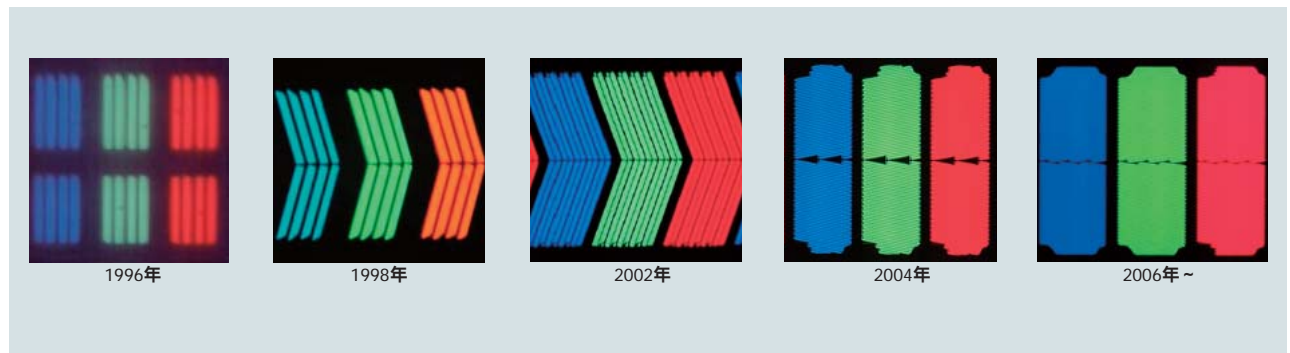


図3 IPS液晶表示方式における画素構造の開発トレンド
IPS方式は開口率を高めることで透過率が年々向上している。

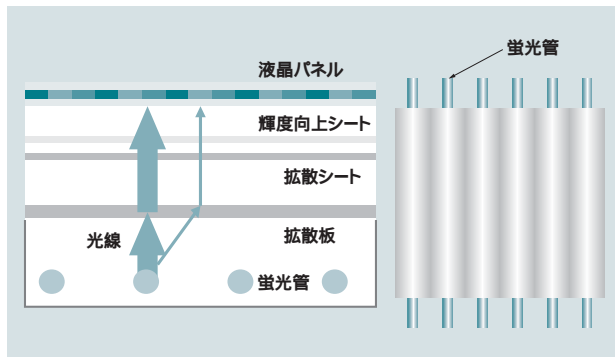


図4 新薄型バックライトの開発コンセプト
従来のバックライト構成のままでは薄型化すると表示ムラが発生する。

ある。バックライト性能が、テレビ映像の品質を決めることになり、最も重要な技術である。

液晶パネルモジュール内部の液晶パネルとバックライトの構成概略、および従来のバックライトをそのまま薄くした場合の問題となる表示ムラの一例を図4に示す。

従来のバックライト構成のまま薄型化すると、蛍光管に対応した明暗模様が出やすい。これは管ムラと呼ばれる現象である。従来は、蛍光管と拡散板の距離が十分にあり、この構成で均一な輝度分布を液晶パネル上で得られていた。しかし、薄型化のため蛍光管と拡散板の距離を約半分とする必要があり、光の均一化が不足し、蛍光管の直上が明るくなる現象（管ムラ）が生じる。

薄型バックライトの開発では、管ムラ解消とともに電力を最小化するように、光学シートと蛍光管の配置等の最適化が必要となる。管ムラを決める代表的なパラメータは、蛍光管と拡散板の距離、蛍光管ピッチと本数、光学シート構成である。蛍光管と拡散板の距離に関しては、薄型化の要求値から決まり、従来の $\frac{1}{2}$ 以下とする必要がある。基本的に管ムラは、蛍光管のピッチが小さくなるほど改善するが、このピッチが小さくなれば、使用する蛍光管の本数の増大を招くということが問題となる。

まず、光学解析シミュレーションと輝度均一性官能評価により、管ムラ均一性と電力の最小値化を両立する蛍光管本数を決定した。管本数の最適値は、37V型で従来の20本から2本多い22本であることを見いだした。

バックライトの二次元輝度分布計測の結果を図5に示す。

従来の蛍光管配置構成の直上に拡散板だけを置いた場合では、明確な輝度分布が発生する。バックライトの端部から中央に向かい大きな輝度差が生じるとともに、上下方向にも明確な差が確認できる。蛍光管の形状が明確にわかるほどの管ムラが発生する。これに対し、新型バックライトで採用した光学部材を配置した場合は、蛍光管の形状が確認できず、均一な輝度分布が上下、左右とも実現し、管ムラを消す

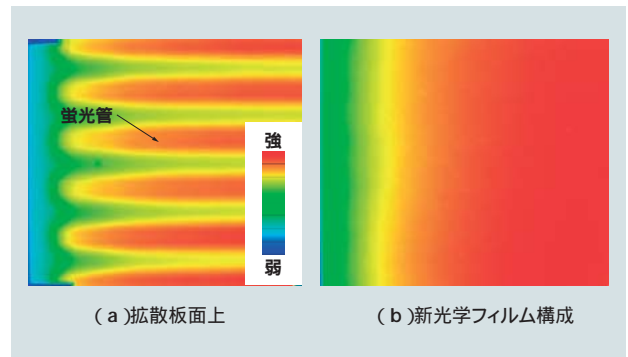


図5 バックライトの二次元輝度分布計測結果
厚さ光学解析シミュレーションと光学均斉化技術を適用して管ムラを抑制した。

表2 日立製液晶テレビの従来品とWooo UTシリーズの比較

従来製品に比べ、Wooo UTシリーズでは薄型化と軽量化を同時に実現している。

	日立従来品(L37-X01)	Wooo UT(UT37-XV700)
TVチューナ (ステーション)	内蔵	非内蔵(分離型)
モニター厚さ(最薄部)	115 mm	39 mm(最薄部35 mm)
重量(モニター部重量)	21.9 kg	17.4 kg(モニター部14.6 kg)
輝度	500 cd/m ²	500 cd/m ²
消費電力	194 W	164 W

ことができた。新型バックライトでは、光学部材の面内の透過率・反射率を制御し、適正化することで、蛍光管から出射する光の面内輝度分布を均一化することができたためである。

Wooo UTシリーズでは、薄型化と軽量化を同時に実現した(表2参照)。さらに、薄型バックライトの開発で省電力化も達成し、環境にも配慮したテレビとなっている。

4. 超薄型電源の開発

4.1 トランスの薄型化

従来の日立の37型液晶テレビの断面は115 mmあり、このうち電源基板の厚さは42.1 mmである。今回の開発目標である厚さ35 mmの薄型テレビを実現するには、電源基板の厚さを12.3 mmにまで薄型化する必要がある。

開発した超薄型電源の外観を図6に示す。

電源基板の薄型化の主な課題は、トランスの薄型化、高圧コンデンサの小型化と低背実装化、それにパワー半導体のヒートシンクを削減するための回路の高効率化である。厚さ12.3 mmの電源を実現するためには、基板の厚みと、はんだ付けされる部品リードや絶縁距離を含めた基板裏面の空間を考慮すると、トランスやコイル、コンデンサなど基板上に搭載する部品の高さは最大でも9.3 mm以下としなければならない。

トランスを薄型化するためには以下の4点がポイントとなる。

(1) 二次巻線数の低減

従来の液晶テレビのトランスには複数系統の二次巻線があ

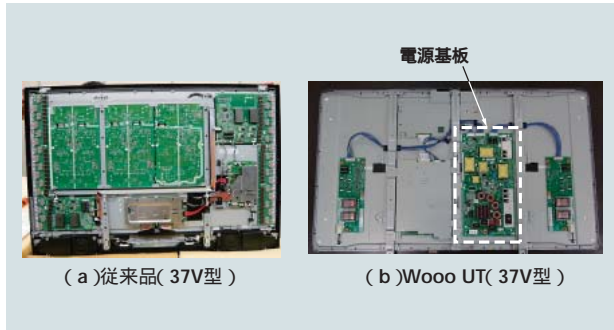


図6 従来電源基板 a とWooo UTシリーズ向け電源基板 b の外観
従来は35 mmあったトランスの高さを9 mmに低減した超薄型電源基板の外観を示す。

る。今回は、この出力電圧種を整理した。この結果、トランスの二次巻線の本数を低減し、巻線の構成をシンプルにまとめることが可能になった。

(2) 磁束密度の低減

従来は複数の出力電圧を容易に作成できるフライバックコンバータを用いていた。この開発では従来よりトランスの磁束密度を低減できる電流共振コンバータを採用することにより、トランスのコア断面積を縮小することができた。

(3) トランスの電力低減

トランスの薄型化を実現するには、出力電力を低減することが必要である。ここでは、トランスを複数個用いることにより、トランス1個あたりが担当する電力を低減することとした。そして、複数個のトランスの一次巻線および二次巻線の接続方法について検討し、電流・電圧がそれぞれのトランスに均等に分担される構成を考案することで、トランスの高さを9 mmに抑えた。

(4) 発生損失の低減

高さ9 mmのトランスを試作して動作させた結果、トランスの発熱が大きいことがわかった。そこで、電磁界解析を用いて試作トランスの損失分析を行った。その結果、試作トランスでは、一次巻線と二次巻線の配置に起因して、コアの温度が高くなる箇所があることが明らかになった。

この対策として、一次巻線と二次巻線の巻き方を変更するとともに、9 mmという高さの範囲内で、巻線径とターン数の見直しを行って、コアの発熱(鉄損)と巻線の発熱(銅損)の再配分を図った。この結果、巻線の発熱は若干増加したが、コアの発熱を大幅に低減することができた。トランスの損失は、当初の試作トランスの約 $\frac{1}{3}$ にまで低減でき、発熱の問題は解消した。

これらの結果、従来35 mmあったトランスの高さを9 mmに低減することができた(図7参照)。

4.2 電流共振コンバータ

電流共振コンバータを採用することにより、ノイズの低減に

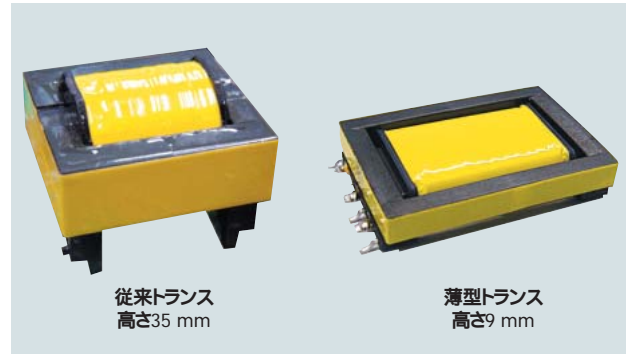


図7 従来トランスと薄型トランスの外観

従来トランスと薄型トランスの外観を示す。複数個のトランスの電力分担が均等になるようにし、巻線の巻き方も工夫することにより、高さ9 mmの薄型トランスを実現した。

効果がある³⁾。また、このコンバータに用いるパワーMOSFET (Metal-oxide-semiconductor Field-effect Transistor) の損失を低減し、電源基板に面付実装するだけで発熱を吸収できるようになり、従来のフライバックコンバータで必要だった背の高いヒートシンクを削除することができた。そのほか、ダイオードブリッジやPFC (Power Factor Correction: 力率改善) コンバータのパワーMOSFETなどについては放熱板を電源基板に貼り付け、その上に実装した。

一方、電源の一次側に用いられる高圧電解コンデンサについては、細い直径のコンデンサ複数本に分割するとともに、電源基板の該当部に穴を開けて落とし込み実装した。これにより基板上の部品高さ9.3 mm以下を確保することができた(表3参照)。

5. 狭空間ファンレス冷却技術の開発

5.1 狭空間ファンレス冷却構造

Wooo UTシリーズは、モニタ厚さが従来機と比べ $\frac{1}{3}$ となっているため、モニタ厚さ当たりの発熱密度は約2倍と飛躍的に大きくなっている。一方、「レイアウト自由型」の要請から、背面フルフラットで、かつ放熱用の開口領域が制約される。このため、放熱性能の向上が大きな課題となった。

放熱量を増大させるには、ファンによる強制冷却が一般的

表3 Wooo UTシリーズ(37V型)向け電源基板仕様

従来電源と開発電源の主な仕様を示す。開発電源では回路方式の変更やトランス、コンデンサの実装の工夫により、従来電源に比べて $\frac{1}{3}$ 以下の厚さを実現した。

	日立従来品(L37-X01)	Wooo UT(UT37-XV700)
厚さ	42.1 mm	12.3 mm
基板サイズ (面積)	247 × 235 mm (580 cm ²)	320 × 160 mm (512 cm ²)
コンバータ方式	フライバック	電流共振
主トランス	1個	3個
主トランス高さ	35 mm	9 mm

に用いられるが⁴⁾、テレビでは、騒音、塵埃(じんあい)などの問題によりファンレス冷却が強く望まれている。このため、薄型筐(きょう)体で自然空冷の効率を追求した放熱構造の開発をめざし、図8(a)に示すような狭空間ファンレス冷却構造を開発した。ファンレスかつ背面フルフラット構造を実現するため、モニタ上下部だけに開口を設け、熱流体解析を駆使して、下部開口から上部開口へ複数の自然対流流路を確保し、できるだけスムーズに空気が流れるようにした。さらに、回路基板の発熱部品と蛍光管の発熱を金属フレーム内で拡散させる自然対流と熱拡散を併用した自然空冷構造とした。構造部材として用いられる金属フレームを放熱部材としても活用することにより、薄型でシンプルな冷却構造を実現した。

5.2 放熱構造の最適化

サーバなど、情報機器の放熱設計で培った熱流体解析技術を駆使して、放熱構造の最適化を図った。解析モデルは、モニタ内のレイアウトに準じて行いが、発熱源の特定とその発熱量の見積りが重要である。図8(b)に示す発熱源および発熱量の比率は、画面サイズによらず、おおむね一定で、蛍光管の発熱の割合が大きい。Wooo UTシリーズでは、薄型化のため、蛍光管と金属フレームの距離が接近したことにより、金属フレームへ伝熱されやすくなり、金属フレームを熱拡散部材とする、この冷却構造が有効である。

モニタ内の熱の外気への放熱は、液晶パネル表面からの放熱、背面ケースからの放熱、内部流による放熱、および側面やフロントベゼルからの放熱に分けられる。すなわち、これらの放熱量分配比率を規定の温度内で最適化することで自然放熱の高性能化が図れる。熱流体解析を用いてこれらの放熱量を分析したところ、この放熱量の比率は、内部流による放熱量が大きく左右することがわかった。内部流による放熱性能を支配する開口面積とモニタ内の温度の関係を図9に

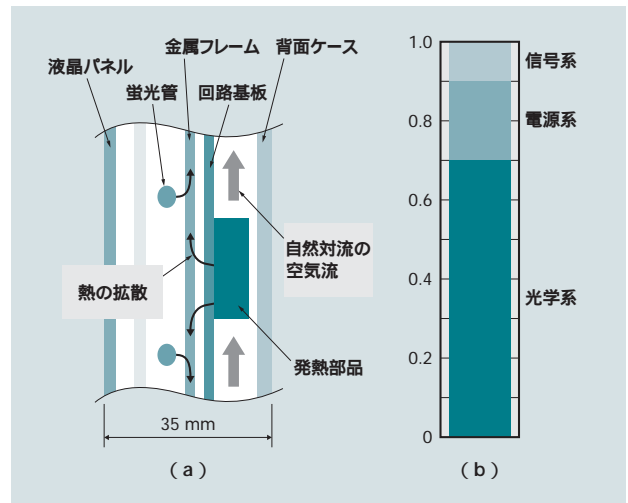


図8 狭空間ファンレス冷却構造
ファンの強制冷却による騒音がない、薄型でシンプルなファンレス冷却構造の概要(a)、および発熱源における発熱量比率(b)を示す。

示す。同図の開口率は、モニタ上下に設けられる開口の配置領域の面積に対する開口面積の割合である。開口率が大きくなるほど、内部流による放熱量が大きくなり、モニタ内の温度が低下する。しかし、モニタ内の温度は、開口率が大きくなるに従い飽和する傾向を示す。「レイアウト自由型」のコンセプトから開口面積を極力低減できる開口率を選択した。

Wooo UTシリーズのような狭い空間に適した狭空間ファンレス冷却方式を開発した。この冷却方式により、内部で発生する熱を効率的に金属フレーム側に放熱することで背面ケースの温度上昇も同時に抑えることができた。これにより、Wooo UTシリーズのデザインコンセプト、および実用的な壁掛けテレビを実現することができた。

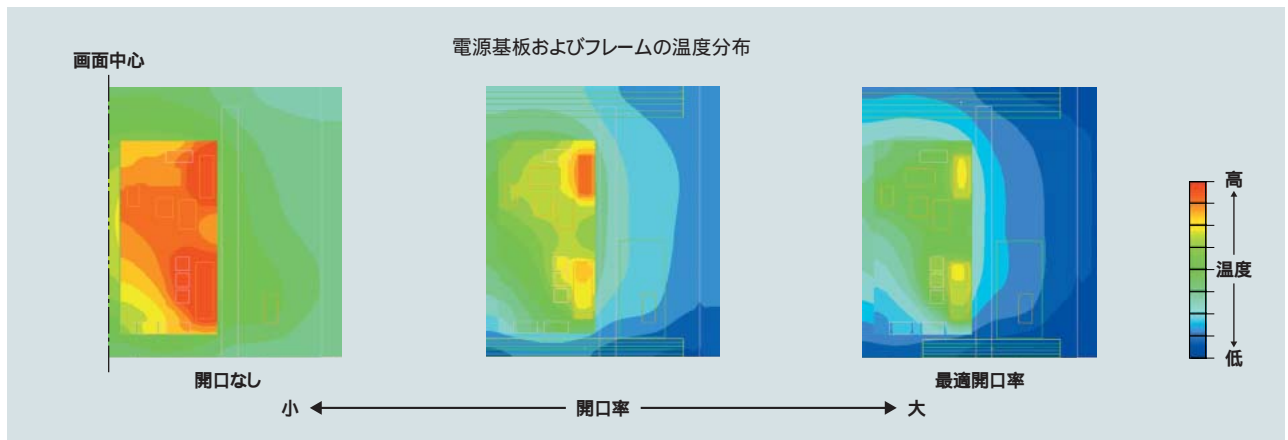


図9 熱流体解析による放熱構造の最適化
解析モデルにおけるモニタ内の温度と開口率との関係を示す。

6. おわりに

ここでは、「超薄型」液晶テレビW000 UTシリーズを実現した日立固有の先進技術について述べた。

今後は、地球温暖化対策の観点からのモノづくりが強く求められる。テレビは、家庭内の電力消費量のうち10%以上を占め、今後も画面サイズの大型化や複数台使用が進む傾向にある。日立グループは、このW000 UTシリーズを含め、テレビのさらなる省電力化、薄型化の進展をめざし、新しい光源技術などの研究開発も進めている。またUTシリーズは、「レイ

アウト自由型」だけでなく、環境エコ製品としても今後の進展が期待されている。

参考文献

- 1) 近藤:IPS 技術とその将来技術展望,日立評論,88,10,830~835(2006.10)
- 2) Ono, et al.:Progress of IPS-Pro Technology for LCD-TVs, SID Intern. National Symposium Digest of Tech. Papers,1954~1957(2006.5)
- 3) 安田:液晶TV用電源システム,第23回スイッチング電源技術シンポジウム(2008.4)
- 4) 日本機械学会編:伝熱工学資料(第4版),丸善(1986)

執筆者紹介



椎木 正敏
1985年日立製作所入社,日立研究所 材料研究所 画像デバイス研究部 所属
現在,ディスプレイデバイスの研究開発に従事
SID会員,応用物理学会会員,蛍光体同学会会員



叶田 玲彦
1987年日立製作所入社,日立研究所 所属
現在,家電・情報機器向け電源の研究開発に従事
電気学会会員,電子情報通信学会会員



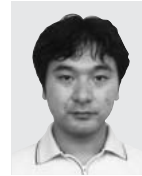
檀山 郁夫
1990年日立製作所入社,株式会社日立ディスプレイズ TV用TFT開発部 所属
現在,TV用液晶ディスプレイの開発に従事
SID会員,電子情報通信学会会員,日本液晶学会会員,ILCS会員



大橋 繁男
1984年日立製作所入社,機械研究所 第一部 冷却実装ユニット 所属
現在,電子機器の冷却技術開発に従事
日本機械学会会員



津村 誠
1979年日立製作所入社,日立研究所 材料研究所 画像デバイス研究部 所属
現在,液晶テレビ技術の研究開発に従事
SID会員,映像情報メディア学会会員



紺野 哲豊
2000年日立製作所入社,日立研究所 材料研究所 画像デバイス研究部 所属
現在,TV用液晶ディスプレイの開発に従事
SID会員